

**Ewa Dziawgo**

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

## **MIARY ZAGROŻENIA W ZARZĄDZANIU INWESTYCJAMI**

### **1. Wstęp**

Dynamika procesów globalizacji zachodzących w gospodarce światowej wpływa na wzrost ryzyka związanego z prowadzeniem działalności gospodarczej. Rosnąca zmienność warunków rynkowych stwarza przedsiębiorstwu trudności w przetrwaniu i rozwijaniu działalności w konkurencyjnym otoczeniu. Dlatego istotne jest, aby w zarządzaniu wartością przedsiębiorstwa wdrażać metody zarządzania ryzykiem, które mogą przyczynić się do poprawy wyników finansowych firmy. Jednym z elementów zarządzania ryzykiem jest pomiar ryzyka.

Istnieją trzy typy miar ryzyka:

- miary zmienności obrazujące zmiany cen lub stóp zwrotu,
- miary wrażliwości, które określają wpływ czynników ryzyka na zmiany cen (lub stóp zwrotu),
- miary zagrożenia, które określają niekorzystne odchylenia od oczekiwanych wartości cen (lub stóp zwrotu), które mogą wystąpić w niekorzystnych warunkach rynkowych.

Celem artykułu jest przedstawienie zagadnień związanych z wykorzystaniem w zarządzaniu inwestycjami miar zagrożenia. Wśród opisanych miar zagrożenia szczególną uwagę zwrócono na *VaR* (*Value at Risk*), gdyż miara ta jest składnikiem wielu modeli ułatwiających kierownictwu przedsiębiorstwa podejmowanie decyzji związanych z alokacją kapitału.

### **2. Ryzyko w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych**

Zarządzanie inwestycyjne jest jednym z kluczowych elementów zarządzania wartością przedsiębiorstwa. Konsekwencją wzrastającego natężenia procesu globalizacji produkcji, handlu, inwestycji i finansów jest wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw. W celu przetrwania i rozwijania działalności niezbędne jest, aby przed-

siębiorstwo strategicznie zarządzało inwestycjami rzeczowymi i finansowymi oraz skutecznie i efektywnie reagowało na konkurencyjne otoczenie. Inwestycje ze względu na ponoszone nakłady, czas trwania oraz wpływ na przyszłą pozycję przedsiębiorstwa wymagają szczególnie ostrożnych i systematycznych analiz. Ponieważ efekty inwestowania pojawiają się w przyszłości, rosnąca zmienność warunków realizacji i eksploatacji inwestycji przyczynia się do uwzględniania w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych nie tylko korzyści, ale i ryzyka, które pojawia się z danym przedsięwzięciem [Ostrowska 1999, s. 18].

Na skuteczność i efektywność przeprowadzanych strategii rozwoju przedsiębiorstwa wpływa profesjonalne inwestowanie, polegające na umiejętności dokonania alokacji kapitału w takie rodzaje aktywów, dzięki którym można osiągać korzyści przy danym ryzyku.

Wdrażanie metod zarządzania ryzykiem w istotny sposób może wpłynąć na trafność decyzji inwestycyjno-financeowych, a tym samym przyczynić się do ochrony i zwiększania wartości przedsiębiorstwa, co wpłynie na wzrost pozycji przedsiębiorstwa w konkurencyjnym otoczeniu.

Zarządzanie ryzykiem powinno mieć charakter planowy i polegać na przeprowadzaniu działań, których celem jest poprawa wyników finansowych oraz zapewnienie warunków, w których przedsiębiorstwo nie ponosiłoby większych strat niż założono.

Proces zarządzania ryzykiem składa się z następujących etapów [Zachorowska 2006, s. 153-157]:

- rozpoznanie rodzaju ryzyka,
- pomiar ryzyka,
- kontrolowanie ryzyka w celu jego maksymalnego ograniczenia.

Pomiar ryzyka jest jednym z głównych elementów zarządzania ryzykiem.

### 3. Miary zagrożenia

Koncepcja miar zagrożenia oparta jest na uwzględnianiu w pomiarze ryzyka niekorzystnych odchyłek od oczekiwanych wartości cen (lub stóp zwrotu).

Można sklasyfikować sześć typów miar: miary typu semi, poziom bezpieczeństwa, prawdopodobieństwo nieosiągnięcia poziomu aspiracji, dolny moment cząstkowy, *VaR*, oczekiwany niedobór (zob. szerzej [Jajuga 2000; Manikowski, Tarapata 2001, s. 76-84]).

**Miary typu semi** – uwzględniają jedynie ujemne odchylenia od oczekiwanej stopy zwrotu i odnoszą się do poszczególnych miar zmienności.

Wśród miar typu semi wyróżnia się:

- semiwariancję stopy zwrotu (*semivariance of return*):

$$SV = \sum_{i=1}^m p_i \cdot d_i^2, \quad (1)$$

gdzie:  $d_i = \begin{cases} R_i - R, & \text{gdy } R_i - R < 0 \\ 0, & \text{gdy } R_i - R \geq 0 \end{cases}$ ,

$R_i$  – stopa zwrotu,

$R$  – oczekiwana stopa zwrotu.

- semiodchylenie standardowe stopy zwrotu (*standard semideviation of return*):

$$ss = \sqrt{SV} = \sqrt{\sum_{i=1}^m p_i \cdot d_i^2}, \quad (2)$$

- semiodchylenie przeciętne stopy zwrotu (*mean absolute semideviation of returns*):

$$sd = \sum_{i=1}^m p_i \cdot |d_i|, \quad (3)$$

gdzie:  $d_i = \begin{cases} R_i - R, & \text{gdy } R_i - R < 0 \\ 0, & \text{gdy } R_i - R \geq 0 \end{cases}$ .

**Poziom bezpieczeństwa** (*safety level*) – jest to taka wartość stopy zwrotu, że osiągnięcie wartości od niej mniejszej jest mało prawdopodobne i równe  $\alpha$ :

$$P(R < R_b) = \alpha, \quad (4)$$

gdzie:  $R_b$  – poziom bezpieczeństwa,

$P(\cdot)$  – prawdopodobieństwo zdarzenia,

$R$  – stopa zwrotu,

$\alpha$  – ustalona wartość prawdopodobieństwa bliska wartości 0.

**Prawdopodobieństwo nieosiągnięcia poziomu aspiracji** (*aspiration level*) – jest to wartość dystrybucyjny rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej opisującej stopę zwrotu dla argumentu  $R_\alpha$ :

$$P_\alpha = P(R < R_\alpha), \quad (5)$$

gdzie:  $P_\alpha$  – prawdopodobieństwo nieosiągnięcia poziomu aspiracji,

$R_\alpha$  – ustalona przez inwestora wartość stopy zwrotu określająca poziom aspiracji,

$R$  – stopa zwrotu.

**Dolny moment cząstkowy** (*lower partial moment* – LPM) – wyznaczany przez ujemne odchylenia od poziomu aspiracji:

$$LPM = \sum_{\substack{i=1 \\ R_i < R_\alpha}}^n p_i (R_i - R_\alpha)^m, \quad (6)$$

gdzie:  $p_i$  – prawdopodobieństwo osiągnięcia  $i$ -tej możliwej stopy zwrotu,

$R_i$  –  $i$ -ta możliwa stopa zwrotu,

$R_\alpha$  – poziom aspiracji, tzn. wymagana stopa zwrotu,

$m$  – rząd momentu<sup>1</sup>.

**VaR** (*Value at Risk*) – jest to taka strata wartości rynkowej (np. instrumentu, portfela, instytucji), że prawdopodobieństwo jej osiągnięcia lub przekroczenia w zadanym przedziale czasowym jest równe zadanemu poziomowi tolerancji:

$$P(W \leq W_0 - VaR) = \alpha, \quad (7)$$

gdzie:  $\alpha$  – poziom tolerancji,  
 $W_0$  – obecna wartość instrumentu finansowego,  
 $W$  – wartość instrumentu finansowego na koniec okresu. Do szacowania *VaR* wykorzystywane są metody: kowariancji, symulacji historycznej, symulacji Monte Carlo, teorii wartości ekstremalnych<sup>2</sup>.

Do oceny projektów inwestycyjnych można zastosować koncepcję *VaR* określona w następujący sposób [Tarczyński, Mojsiewicz 2001, s. 168]:

$$P(NPV \leq NPV_0 - VaR) = \alpha, \quad (8)$$

gdzie: 
$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I,$$

$$CF_t = \sum_{i=1}^n CF_{ti} p_{ti},$$

$NPV_0$  – wartość zaktualizowana,

$NPV$  – wartość zaktualizowana na koniec rozpatrywanego okresu,

$\alpha$  – poziom tolerancji,

$CF_t$  – wartość oczekiwana przepływów pieniężnych w roku  $t$ ,

$CF_{ti}$  –  $i$ -ty poziom przepływów pieniężnych w roku  $t$ ,

$p_{ti}$  – prawdopodobieństwo wystąpienia  $i$ -tego poziomu przepływów pieniężnych w roku  $t$ ,

$n$  – liczba badanych przepływów pieniężnych,

$r$  – współczynnik dyskonta,

$I$  – nakłady inwestycyjne poniesione w roku  $t = 0$ .

Po obliczeniu *VaR* dla projektu inwestycyjnego, na podstawie wzoru (8) otrzymuje się informację, że z prawdopodobieństwem równym  $1 - \alpha$ , NPV nie będzie mniejsza od wartości  $NPV_0 - VaR$ .

<sup>1</sup> W zależności od przyjętego rzędu momentu otrzymuje się różne szczególne przypadki LPM: gdy  $m = 0$ , to LPM jest prawdopodobieństwem nieosiągnięcia poziomu aspiracji; gdy  $m = 1$ , to otrzymuje się sumę ujemnych odchyłeń od poziomu aspiracji; jeżeli poziomem aspiracji jest oczekiwana stopa zwrotu, to otrzymuje się (z dokładnością do znaku) połowę odchylenia przeciętnego; jeżeli  $m = 2$ , a poziomem aspiracji jest oczekiwana stopa zwrotu, to otrzymuje się semiwariancję.

<sup>2</sup> Przy wyborze obliczania *VaR* należy uwzględniać rodzaje występującego zarówno obecnie, jak i w przyszłości ryzyka, możliwość uzyskania odpowiednich szeregów historycznych (danych) oraz szacunków wskaźników zmienności i korelacji (zob. szerzej [Best 2000]).

Przy założeniu, że rozkład NPV jest normalny, otrzymuje się:

$$VaR = -R_\alpha NPV_0, \quad (9)$$

gdzie:  $\mu = E[NPV] = E\left[\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}\right] = \sum_{t=0}^n \frac{E[CF_t]}{(1+i)^t},$

$$\sigma = \sqrt{V[NPV]},$$

$$V[NPV] = V\left[\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}\right] = \sum_{t=0}^n \frac{V[CF_t]}{(1+r)^t},$$

$$V[CF_t] = \sum_{i=1}^n (CF_{ti} - CF_t)^2 \cdot p_{ti},$$

$R_\alpha = \mu - u_{1-\alpha}\sigma$  – jest kwantylem rozkładu stopy zwrotu (przy zadanym prawdopodobieństwie  $\alpha$ ,

$u_{1-\alpha}$  – kwantyl standardowego rozkładu normalnego rzędu  $1 - \alpha$ ,

$\mu$  – średnia rozkładu NPV,

$\sigma$  – odchylenie standardowe NPV,

$V[NPV]$  – wariancja NPV.

$VaR$  można również wyznaczyć dla portfela instrumentów finansowych. Jeżeli w portfelu znajduje się  $m$  składników i wielowymiarowy rozkład stóp zwrotu składników jest wielowymiarowym rozkładem normalnym o wektorze średnich i macierzy kowariancji przedstawionych w postaci:

$$\mu = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \dots \\ \mu_m \end{bmatrix}, \quad \Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1m} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{m1} & \sigma_{m2} & \dots & \sigma_{mm} \end{bmatrix}$$

oraz zależności między średnią i odchyleniem standardowym rozkładu stopy zwrotu portfela a średnimi i odchyleniami standardowymi rozkładów stóp zwrotu składowych instrumentów finansowych można przedstawić w postaci:

$$\mu = \sum_{i=1}^m w_i \mu_i,$$

oraz

$$\sigma = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m w_i w_j \sigma_{ij},$$

to  $VaR$  dla portfela instrumentów finansowych wynosi:

$$VaR = u_{1-\alpha} \cdot \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m w_i w_j \sigma_{ij} \right) \cdot W_0, \quad (10)$$

gdzie:  $w_i$  – udział  $i$ -tego składnika w portfelu,  
 $W_0$  – obecna wartość portfela.

**Oczekiwany niedobór** (*expected shortfall* – ES) – jest to oczekiwana wartość straty, pod warunkiem że strata przekracza  $VaR$ . Jeżeli dojdzie do przekroczenia pewnego progu zagrożenia, miara ta wskazuje potencjalne skutki zdarzenia:

$$ES = E(X|X > VaR), \quad (11)$$

gdzie:  $ES = \frac{VaR + \beta - \xi \cdot u}{1 - \xi},$

$X$  – wartość straty,

$\beta, \xi$  – parametry uogólnionego rozkładu Pareto (szacowane metodą największej wiarygodności),

$u$  – przyjęty próg dla wyboru obserwacji pochodzących z tzw. ogona rozkładu, na podstawie których szacowane są parametry  $\beta, \xi$ <sup>3</sup>.

#### 4. Istota popularności miar zagrożenia

Opublikowanie w 1994 r. przez Bank J.P. Morgan opracowanej metodologii kalkulacji  $VaR$  o nazwie *RiskMetrics* wpłynęło na udostępnienie tego systemu analizy ryzyka rynkowego innym bankom. Komitet bazylejski w dokumencie „The New Basel Capital Accord – Consultative Dokument” (2003) zaleca stosowanie metody  $VaR$  przez banki.

Metoda  $VaR$  jest najbardziej popularną miarą zagrożenia.  $VaR$  i jej odmiany powszechnie stosowane są w zarządzaniu ryzykiem w instytucjach ubezpieczeniowych, funduszach inwestycyjnych, w wielkich korporacjach. Koncepcja  $VaR$  znajduje zastosowanie w analizie innych niż ryzyko rynkowe rodzajów ryzyka finansowego. W odniesieniu do ryzyka kredytowego opracowano system *Creditmetrics*, którego podstawą jest właśnie metoda  $VaR$ . *Value at Risk* stanowi bazę dla innych miar zagrożenia (np. *LaR* (*Liquidity at Risk*), *EPSaR* (*Earnings Per Share at Risk*), *EaR* (*Earnings at Risk*), *CCFaR* (*Credit Cash Flow at Risk*), *CFaR* (*Cash Flow at Risk*)), wykorzystywanych w analizie ryzyka przedsiębiorstwa.

$VaR$  jest estymatą maksymalnej potencjalnej straty, przy zadanym pewnym poziomie ufności. *Value at Risk* jest standardową miarą ryzyka, która umożliwia bezpośrednie porównywanie ryzyka występującego w różnych obszarach działalności przedsiębiorstwa.

$VaR$  może być narzędziem w procesie zarządzania kapitałem i w podejmowaniu strategicznych decyzji. Przedstawienie ryzyka w postaci jednej liczby ułatwia kierownictwu firmy monitorowanie i zarządzanie ryzykiem. Można porównywać ryzyko generowane przez różne rodzaje działalności danej firmy.

<sup>3</sup> Do szacowania ES stosuje się teorię wartości ekstremalnych [Krawczak i in. 2003, s. 201].

Ważnym zagadnieniem w zarządzaniu ryzykiem jest określenie skłonności firmy do ryzyka. *VaR* można wykorzystać przy ustalaniu limitów dla komórek operacyjnych w bankach. Struktura limitów opartych na *VaR* może być zastosowana do wszystkich produktów. Porównywanie *VaR* stosowanych w różnych obszarach działalności operacyjnej ułatwia kontrolowanie działań, z którymi związane jest największe ryzyko. Limity odgórne wyznaczone są na podstawie ogólnej skłonności do ponoszenia ryzyka, którą to skłonność określa maksymalna wielkość straty, którą firma jest gotowa zaakceptować. Limity oddolne można zastosować do kontroli różnych rodzajów ryzyka, które podejmowane jest na szczeblu operacji handlowych.

*VaR* jest również jednym ze składników modeli, które służą do pomiaru stopy zwrotu z uwzględnieniem ryzyka (zob. szerzej [Matten 2000; Sunders 2001; Best 2000]). Modele te ułatwiają kierownictwu podejmowanie decyzji związanych z alokacją kapitału. *VaR* występuje w modelu RAPM (*Risk Adjusted Performance Measurement*):

$$RAPM = \frac{\text{przychody} - \text{koszty} - \text{oczekiwane straty}}{VaR}.$$

Modelem, który jest doskonałym narzędziem do pomiaru wyników działalności dowolnej jednostki biznesu w banku, jest RAROC (*Risk Adjusted Return on Capital*):

$$RAROC = \frac{\text{dochód netto} - \text{oczekiwana strata z kredytów}}{\text{kapitał ryzyka}},$$

gdzie: kapitał ryzyka = *VaR* + nieoczekiwana strata + operacyjna wartość ryzykowana.

Niektóre banki wprowadziły system nagradzania dealerów, w którym otrzymane wyniki działalności pracownika oceniane są na podstawie modelu RAROC.

Na potrzeby alokacji kapitału można zastosować miernik RARORAC (*Risk Adjusted Return on Risk Adjusted Capital*) – skorygowany o ryzyko dochód z kapitału skorygowanego o ryzyko.

W podejściu *RoVaR* (*Return on Value at Risk*) miernik określony jest jako dochód przypadający na jednostkę ryzyka mierzonego za pomocą *VaR*.

Wspólną cechą tych modeli jest to, że są miernikami wartości dochodu lub efektywności skorygowanymi o ryzyko.

Alternatywną miarą dla *VaR* jest oczekiwany niedobór  $ES^4$ . Popularność tej miary związana jest z możliwością obliczenia wartości oczekiwanej straty przy założonym przekroczeniu progu, którym jest wartość *VaR*. *Value at Risk* nie określa bowiem wysokości potencjalnych strat w sytuacji, kiedy wartość *VaR* zostanie przekroczona.

---

<sup>4</sup> Miara ta dla rozkładów ciągłych jest znana pod nazwą CVaR (*Conditional Value at Risk*) [Krawczak i in. 2003, s. 210].

## 5. Podsumowanie

Wdrażanie przedsięwzięć inwestycyjnych ma istotny wpływ na przyszłą działalność oraz konkurencyjność przedsiębiorstwa. Korzyści z poniesionych nakładów inwestycyjnych uzyskuje się w przyszłości. Trafność decyzji inwestycyjno-finance- sowych ma więc zasadnicze znaczenie dla rozwoju przedsiębiorstwa. Dlatego w analizie projektów inwestycyjnych niezbędne jest, aby uwzględniać również ryzyko, które pojawia się z wdrażaniem danych przedsięwzięć inwestycyjnych. W celu osiągnięcia przewagi konkurencyjnej w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu istotne jest, aby w zarządzaniu wartością przedsiębiorstwa wdrażać elementy zarządzania ryzykiem. W celu podjęcia optymalnych decyzji w analizie ryzyka niezbędny jest jego pomiar. Miary zagrożenia należą do grupy miar, które określają niekorzystne odchylenia od oczekiwanych wartości cen (lub stóp zwrotu). *VaR* jest najpopularniejszą miarą zagrożenia stosowaną przez wiele instytucji finansowych. Również przedsiębiorstwa posiadające aktywa zarówno rzeczowe, jak i finansowe mogą stosować koncepcję miary *VaR* w zarządzaniu ryzykiem w sytuacji podejmowania profesjonalnych decyzji, których konsekwencją będzie wzrost wartości przedsiębiorstwa.

## Literatura

- Best P., *Wartość narażona na ryzyko*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2000.  
 Jajuga K., *Miary ryzyka rynkowego – część trzecia*, „Rynek Terminowy” 2000, nr 8.  
 Krawczak M., Jakubowski A., Konieczny P., Kulikowski R., Milewski A., Szkatuła G., *Aktywne zarządzanie inwestycjami finansowymi*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2003.  
 Manikowski A., Tarapata Z., *Ocena projektów gospodarczych*, Difin, Warszawa 2001.  
 Matten Ch., *Zarządzanie kapitałem bankowym*, Dom Wydawniczy ABC, Warszawa 2000.  
 Ostrowska E., *Ryzyko inwestycyjne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1999.  
 Sunders A., *Metody pomiaru ryzyka kredytowego*, Dom Wydawniczy ABC, Kraków 2001.  
 Tarczyński W., Mojsiewicz M., *Zarządzanie ryzykiem*, PWE, Warszawa 2001.  
 Zachorowska A., *Ryzyko działalności inwestycyjnej przedsiębiorstw*, PWE, Warszawa 2006.

## DOWNSIDE RISK MEASURES IN INVESTMENT MANAGEMENT

### Summary

The increase in the risk of running the business triggers the demand for new methods of risk management. The accurate risk measurement is one of the elements of risk management. There are three groups of risk measures: volatility measures, sensitivity measures, downside risk measures. The article characterizes those downside risk measures, which determine unfavourable deviation from the expected price values, or rates of return, which can be present in adverse market conditions. The article is specifically focused on *VaR*, as it is the measure which is a component of many models facilitating decision making process of capital allocation for executives.